



## HACIA UNA MEDIDA INTEGRADA DEL FACTOR DE LOCALIZACIÓN EN LA VALORACIÓN RESIDENCIAL: EL CASO DE MAZATLÁN

HUMARÁN NAHED, Iván<sup>I</sup>

ROCA CLADERA, Josep<sup>II</sup>

<sup>I</sup> Investigador, Centro de Política del Suelo y Valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña. Calle Gran Capita s/n, L-CUP, Campus Nord, 08034, Barcelona, España. Profesor de la Universidad Autónoma de Sinaloa. Email de contacto: ivan.humaran@upc.edu

<sup>II</sup> Investigador y Director General, Centro de Política del Suelo y Valoraciones, Universidad Politécnica de Cataluña. Calle Gran Capita s/n, L-CUP, Campus Nord, 08034, Barcelona, España.

### Resumen:

El presente trabajo de investigación se centra en conformar el factor de localización, entendido como un parámetro integrador, en función de sus características particulares de ubicación, atributos constructivos y condiciones socioeconómicas de carácter local. Para ello se hace necesario medir los atributos endógenos-exógenos de mayor incidencia sobre el precio de los inmuebles, los cuales vienen a ser los elementos que dan forma a la distribución del mercado residencial de la ciudad.

El trabajo se basó en un estudio econométrico del mercado residencial en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, para lo cual se requirió el uso de las metodologías de los precios hedónicos, regresión lineal múltiple y geográficamente ponderada.

Los resultados ratifican que la conformación del valor de la vivienda depende del binomio de elementos extrínsecos-intrínsecos de los inmuebles, cuya incidencia varía en el territorio, conformando zonas de valor, cuyo peso marginal puede ser interpretado con el factor de localización encontrado, el cual representa una medida diferencial entre las distintas zonas de la ciudad. Este parámetro se puede utilizar en el cálculo del factor de homogenización por localización en el método de valoración por comparación de mercado.

### Abstract:

This research work focuses on shaping the location factor, seen as an integrative parameter, depending on their specific location, building attributes and local socioeconomic conditions. This is necessary to measure the endogenous-exogenous attributes most directly affect the price of the property, which come to be the elements that shape the distribution of city's residential market.

The work was based on an econometric study of the residential market in the city of Mazatlan, Sinaloa, which is required for the use of hedonic precise methodologies, linear regression and geographically weighted.

The results confirm that the conformation of the value of the home depends on the pairing of extrinsic-intrinsic elements of the buildings, whose incidence varies in the territory, forming areas of value, marginal weight of which can be used with the factor of location found, this represents a differentials measurement between diverse areas of the city. This parameter can be used in calculating the factor of homogenization of by location in the method of valuation by the market comparison.

**Palabras Clave:** Factor de localización, valores inmobiliarios, precios hedónicos, regresión geográficamente ponderada.

**Key words:** Factor location, property values, hedonic prices, geographically weighted regression.

### 1. Introducción

La formación espacial de los valores inmobiliarios ha sido una de las principales líneas de investigación de la economía urbana (Richardson, 1971). En general los valores inmobiliarios pueden ser desagregados en dos componentes endógenos principales, relacionados con el valor del suelo y el valor de las edificaciones (Cabré, 2006). Según Roca (1988) los factores que inciden en la formación de la

renta que se transfiere al suelo pueden ser divididos en tres factores locativos: accesibilidad; externalidades urbano ambientales y jerarquización social del espacio.

El objetivo principal de este trabajo de investigación es formular el factor de localización (en adelante, FL), el cual mide las dimensiones aludidas, cuantificado a través de una metodologías progresiva, determinado por medio de la integración del peso marginal de los elementos endógenos-exógenos de los bienes raíz con un nivel explicativo, en la conformación de los valores de mercado, elementos, cuyo peso marginal tienen un componente de espacialidad urbana significativo.

Es importante señalar que en la literatura, se ha estudiado ampliamente el impacto de estos factores locacionales sobre los valores residenciales; los expertos en la materia reconocen de manera intuitiva estos elementos, sin embargo, este estudio representa una aportación novedosa al cuantificar la distribución espacial de los pesos marginales de los atributos inmobiliarios que inciden de manera relevante, medida expresada por medio de un parámetro integrador al que denominamos FL.

La metodología de investigación utilizada es un análisis progresivo, iniciando con la aplicación de la técnica mini-Delphi (en adelante MD), basada en consultas a expertos, que permite direccionar la apreciación de los atributos de carácter principalmente cualitativos; posteriormente, una modelación general del mercado residencial en base a la utilización del método de los precios hedónicos (en adelante, MPH), aplicado a 1.056 inmuebles distribuidos en 181 de 206 áreas geoestadísticas básicas (en adelante AGEb), el cual reporta principalmente los atributos explicativos en el ámbito analizado; seguida de una modelación que aporta los pesos marginales de los atributos explicativos previamente definidos diferenciados en el territorio, para lo que se utilizó la técnica de regresiones geográficamente ponderadas (en adelante, GWR, por sus siglas en inglés, Geographically Weighted Regression); la materialización del FL se logra por medio de la factorización de los modelos particulares de cada caso muestral, lo que permite tener una medida específica para cada zona del ámbito, el cual toma en consideración las particularidades locales de los atributos.

La obtención de datos se realiza desde varias fuentes, utilizando un mecanismo directo de captura de ofertas, por medio de la asociación mexicana de profesionales inmobiliarios (en adelante AMPI), inmobiliarias<sup>1</sup> y propietarios, así como de valoraciones inmobiliarias (obtenidas de colegios de valuadores)<sup>2</sup>.

El resto del artículo se organiza de la siguiente manera:

En principio se abordan elementos teóricos que dan base a la investigación, además del establecimiento de la metodología utilizada. Continuando con los resultados de la calibración del modelo que pretende explicar el comportamiento del mercado inmobiliario estudiado por medios econométricos. Se profundiza en la modelación del mercado, desde la perspectiva de la distribución espacial de los valores. Culminando con la formulación del FL, expresado en términos de AGEb y en una cuadrícula urbana de 100 metros de lado. Finalmente, se presentan las conclusiones del estudio.

## 2. Elementos teóricos

El conocimiento disponible en torno a la explicación y distribución espacial de los valores inmobiliarios es abundante, y con orígenes que datan de más de dos siglos, abordado desde distintas vertientes:

En la dimensión de la Accesibilidad, David Ricardo en 1817 daría lugar a la Ley de los rendimientos decrecientes, Von Thünen (1826), conocido por la teoría de la localización, sobre la geografía rural-urbana, Hurd que en 1903 afirmara “dado que el valor del suelo urbano depende de la renta, y la renta de la localización, y la localización de la conveniencia, y la conveniencia de la cercanía, podemos eliminar los pasos intermedios y decir que el valor depende de la cercanía”, en su obra Principios de los

<sup>1</sup> Al precio de la ofertas, según su procedencia, se les extrae el porcentaje de comercialización.

<sup>2</sup> Se utiliza una variable ficticia (dummy) para controlar y medir el impacto en los precios de las distintas fuentes, resultando incorrelacionadas.



Valores del Suelo de la Ciudad. Alonso que 1964 publica la obra Localización y uso de suelo: Hacia una Teoría General de la renta del suelo.

En la dimensión de las externalidades urbanísticas el economista británico Marshall creador de la síntesis gráfica de la oferta y demanda, utilizada ampliamente hasta nuestros días, al cual se le considera, como uno de los antecesores de la economía del bienestar. Yamada en 1972 publica la teoría de la localización residencial: la accesibilidad, espacio, ocio, y la calidad ambiental, analiza las relaciones de accesibilidad y calidad del espacio urbano. En 1975 Polinsky y Shavell muestra su preocupación por la calidad de las amenidades de las áreas urbanas y el valor de las propiedades. Papageorgiou busca la maximización de la utilidad, en términos de obtener precios inmobiliarios acordes a las condiciones de accesibilidad, racionalización de los costos de transporte, y una localización estratégica, en relación a los mercados proveedores y consumidores. Mancuso en 1980 expone las problemáticas urbanas surgidas por las combinaciones de usos no compatibles, que conducen a la zonificación de la ciudad.

En la dimensión de la jerarquía social. Halbwachs analiza el valor inmobiliario no desde la perspectiva de las dimensiones anteriores, sino desde aspectos de tipo social que refleja el espacio, imagen asociada a elementos como el poder adquisitivo y niveles de instrucción, entre otros. Anderson en 1962, realiza un estudio del valor del suelo, encontrando relaciones importantes entre el centro y las rentas, con un comportamiento diferenciado espacialmente, concluyendo que el valor se explica más claramente en función de la estructura socioeconómica, Harvey en 1973 aborda la problemática del urbanismo y la desigualdad social, como una manera de establecer que los procesos sociales se manifiestan en procesos espaciales.

La asociación de estas dimensiones conforman los submercados inmobiliarios, analizados por Roca en 1988, en su obra la estructura de los valores urbanos: un análisis teórico empírico, donde analiza las principales aportaciones históricas a las teorías de los valores urbanos, explicando la desigualdad espacial de las rentas urbanas, en sentido crítico a la simplicidad de los modelos de los años sesentas y setentas, generando una comprobación empírica de los factores analizados.

En esta línea se encuentran aportaciones como las de Adair (1996), en su obra modelación hedónica, submercados de vivienda y valoración residencial, explicando que muy poco se ha avanzado en la vinculación de la investigación del mercado de vivienda con el proceso de valoración, de cara a determinar los comparables a utilizar de manera eficiente, así como las variables a considerar.

Por otro lado Ignacio Kunz Bolaños en el 2001, realiza un estudio de la vivienda de la ciudad de México, donde pone de manifiesto la escasez de estudios realizados en este país, agudizándose la situación al referirse a investigaciones de tipo econométrico que incluyan los distintos segmentos de mercado, abordando también las diversas problemáticas que esta escasez ha ocasionado en el ámbito profesional. López en el 2003 aborda el uso de sistemas de información geográfica en el análisis del mercado inmobiliario, desde la perspectiva de los submercados.

Marmolejo afirma que los factores que condicionan el emplazamiento de todo tipo de actividades urbanas son: accesibilidad, jerarquía social, economías de aglomeración y externalidades ambientales, los cuales según el grupo de especialización de la actividad, su incidencia se eleva por encima de la del resto.

Bourassa, con su aportación en el 2007, La dependencia espacial, submercados y predicción de precios de vivienda, aborda en su estudio la formación de segmentos de mercados en función de un conjunto de variables con dependencia espacial.

### **3. Metodología**

#### **3.1. Método de los precios hedónicos**

Los bienes inmuebles como mercancía representan un bien económico peculiar, con una serie de atributos especiales que lo diversifican del resto de los bienes intercambiables, dando lugar a la



existencia de algunos escenarios de demanda y contextos de oferta concretos de este mercado. Entre los atributos que provocan y agudizan estas diferencias destacan la inmovilidad, individualidad, indivisibilidad o persistencia de la misma.

El mercado de los bienes inmuebles, por sus especificidades (tamaño, calidad, externalidades urbano ambientales, localización, etc.), se ha abordado por numerosos estudios, considerado los bienes inmuebles en términos hedónicos, de tal manera que la unidad de bien raíz es conceptualizada, no como un bien uniforme y unitario sino como un conjunto de atributos individuales, cada uno de los cuales contribuye al suministro de una o más prestaciones del bien inmueble.

Según Vásquez (2006), el MPH originalmente fue aplicado por Hass en 1922, quien emplea este medio para establecer la explicación de los valores de los suelos rurales, quien influenció los trabajos de Wallace de 1926, quien extrapola esta línea de explicación en Iowa, siendo más conocido por su aporte que el propio Hass. Por otro lado Taylor (2003), en su trabajo "The Hedonic Method", sitúa el origen del MPH en Wuagh en 1928, el cual analiza los factores que influyen en el precio de las hortalizas, por otro lado Griliches (1961) se lo atribuye a Court, quien en 1939, modela los índices de precios de los automóviles. En su caso, ellos fueron los pioneros en la utilización del MPH para explicar la correlación entre el valor de una mercancía y sus atributos.

En las décadas de los sesentas y setentas del siglo XX, con a las investigaciones de Lancaster (1966), que establece la nueva teoría del consumidor, en la cual la utilidad se deriva de las particularidades de los inmuebles y no de estos en sí mismos. En la tesis doctoral de Aguiló Segura en el 2002, se explica que la primera utilización de esta teoría metodológica al mercado de la vivienda se halla en los trabajos de Ridker y Henning en 1967, que contribuyeron en una demostración empírica de la contaminación ambiental, la cual representa un atributo que modifica el valor de las viviendas. Por lo que las propiedades o atributos de una vivienda pueden congregarse al menos en dos clases diferenciadas: por una parte, las particularidades estructurales (elementos endógenos) y, por otra, las características relacionadas con la localización y el entorno físico (elementos exógenos).

Con Zvi Griliches (1971), y Rosen (1974), se instituyó la relación teórica entre la función hedónica de la utilidad y la producción, siendo este último, quien inicialmente proporciona un tratamiento conjunto del método teórico de los mercados implícitos subyacentes en el MPH. Es a partir de este momento que el método implementado por Rosen ha llegado a ser generalmente admitido como el prototipo del enfoque hedónico.

Del mismo modo, Freeman (1979), contribuyó con la justificación teórica inicial para la implementación de la metodología al mercado de la vivienda. Después de Rosen, la utilización del MPH se ha multiplicado fundamentalmente en los países anglosajones.

Más adelante en la década de los ochentas, Blackley (1986) y Thibodeau (1989) utilizaron nuevamente esta metodología para la estimación de los valores de vivienda.

En definitiva, el método de los precios hedónicos pertenece a la familia de las técnicas que se relacionan con las preferencias reveladas. En este sentido, es un método que permite analizar hechos consumados y, por tanto, tiene un carácter fundamentalmente retrospectivo en relación a la familia de las preferencias declaradas.

Para aislar el valor marginal de cada atributo estructural y locacional se utilizan aproximaciones econométricas como lo sugirieron Lancaster y Rosen, op cit. quienes trasladaron este método desde la valoración de los bienes privados a los públicos.

El elemento fundamental de la regresión hedónica, es el control del efecto de los cambios en la calidad de los productos sobre su valor, partiendo del supuesto de que existe un mercado para cada característica.



Por lo que una modelación de precios hedónicos (en adelante, PH) presupone que el valor de una mercancía puede ser descompuesta en un conjunto de valores marginales que aportan cada uno de los atributos que la componen. En el caso concreto del mercado inmobiliario urbano, el suelo tendría que ser el elemento que refleje, a través de la variación de su valor, la incidencia de los atributos locacionales. De esta forma, el valor del suelo tendría que ser la integración del valor de cada elemento según se especifica en la siguiente función, dónde la variable dependiente  $P_s$  es el valor del suelo y las covariables  $k_1, k_2, \dots, k_n$  son atributos locacionales.

$$P_s = f(k_1, k_2, \dots, k_n) \quad (1)$$

En concreto, se esperaría que cuanto mejores fuesen las dimensiones de accesibilidad, externalidad ambiental y jerarquía social (discutidas por Roca, 1988) mayor fuese la renta transferida al suelo y, por tanto, mayor su valor.

En la práctica, la implementación de los modelos de PH ha pasado por analizar no el valor de mercado del suelo, sino el valor de los activos edificados, por ejemplo la vivienda (tanto en compraventa como en alquiler). Esta aproximación obliga a controlar, además del resto de atributos locacionales, una serie de características edilicias que afectan al valor, como la superficie construida, la calidad y el estado de conservación de las construcciones e instalaciones, etc.

En el caso concreto de las viviendas sería de esperar que características como el nivel de amplitud de sus espacios, la composición geométrica y proporción del terreno o la calidad de sus características constructivas, entre otros atributos, tuviesen un impacto significativo en la explicación de la variación de su valor.

La metodología asume que la demanda, al adquirir o alquilar un bien inmueble, es plenamente consciente de la utilidad que le brinda la localización y estructura edilicia que el conjunto le proporcionará. Esta asunción va muy lejos, porque las asimetrías informativas en el mercado inmobiliario, en tanto los bienes no son perfectamente sustituibles entre sí, son enormes, y porque la anticipación de los beneficios obtenidos es compleja debido a la dificultad de evaluar anticipadamente el impacto de los atributos locales y estructurales sobre la función de utilidad.

Lo que supone que si la demanda no satisface sus expectativas tendrá que vender el activo y buscar otro, reajustando de esta manera el valor, lo cual no ocurre exactamente así en el mundo real, debido a los significativos costes de transacción del mercado inmobiliario (mudanzas, impuestos, comisiones, servicios jurídicos, gastos notariales, etc.).

Asimismo, se asume que la demanda en aras de maximizar su función de utilidad, elige la localización residencial donde el nivel de cada atributo es tal que su disposición marginal a pagar para cada uno, se equipara a su valor implícito (Rosen, 1974). Lo cual, de hecho, es difícil que ocurra, debido a que ésta difícilmente puede evaluar simultáneamente y con suficiente profundidad todos los atributos que componen la propiedad, y tener a disposición una oferta amplia donde elegir precisamente aquel inmueble cuyos valores implícitos se equiparan a las disposiciones marginales de pago.

En síntesis, el método de los PH asume: simetría informativa perfecta; una oferta continua de atributos; y ausencia de costes de transacción (Clark, 2006).

A pesar de estas limitaciones teóricas, el método de los valores hedónicos ha sido el más utilizado en la determinación de los valores sombra de los atributos estructurales y locacionales en el mercado inmobiliario. Las aplicaciones pragmáticas del mismo son múltiples, además de servir para conocer el valor marginal de las covariables, sus resultados han sido utilizados para: validar los modelos de tasación (García, 2004), valorar masivamente los inmuebles a efectos de tasación catastral (Roca, 1992) o, simplemente, probar hipótesis.





### 3.2. La Regresión Geográficamente Ponderada

La GWR es un método de análisis de ponderación espacial, que permite a cada elemento de la muestra relacionarlo a su entorno de influencia (casos vecinos), estableciendo modelos particulares en función de estas relaciones, además establece modelos de cortes paramétricos de la muestra, de manera que se posibilite asumir modelos segmentados que describen de una manera genérica su comportamiento, así, si los coeficientes de los modelos establecidos son los mismos, no habría ninguna implicación espacial, de lo contrario se establece que un solo modelo para todo el ámbito de estudio es insuficiente, si lo que se pretende explicar la cuestión con las implicaciones espaciales. La prueba de espacialidad se realiza por la técnica iterativa de Monte Carlo.

Un modelo "normal" de regresión para predecir la variable puede ser establecido con la siguiente función:

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon \quad (2)$$

dónde:  $y$  es la variable dependiente, atributo que se quiere explicar,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  son las variables independientes, atributos explicativos,  $\beta_0$  es la abscisa en el origen, peso específico independiente de los atributos considerados,  $\beta_1, \dots, \beta_n$  son los parámetros a ser estimados, pesos marginales de los atributos explicativos,  $\varepsilon$  es un término de error aleatorio, que se supone normalmente distribuido.

Bajo el supuesto en que los valores de  $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_n$  son constantes en toda el área de estudio, lo significa que, si hubiera alguna variación espacial en el comportamiento de la cuestión, el resultado se advertirá en el aumento de los residuos de manera diferenciada (divergencia entre el valor observado y el pronosticado). Por lo que se plantea la siguiente cuestión: ¿hay alguna forma en la que se pueda tratar esta función, de manera que se tomen en cuenta los comportamientos espaciales, y no solo traduzca en un incremento diferenciado de los residuos?

Si el estudio parte de casos georeferenciados en el territorio, tomando a  $(u, v)$  como las coordenadas de su posición. Se puede reescribir el modelo anterior (4), como un modelo de regresión geográficamente ponderada de la siguiente manera, según Charlton et al (2005),

$$y(u, v) = \beta_0(u, v) + \beta_1(u, v)x_1 + \dots + \beta_n(u, v)x_n + \varepsilon(u, v) \quad (3)$$

Lo que puede ser considerado por la técnica de los mínimos cuadrados ordinarios, dando una estimación particular de los parámetros en la ubicación  $(u, v)$  y un valor previsto o estimado. Esto se logra mediante la aplicación del sistema de ponderación geográfica, el cual se sistematiza por medio de la matriz de ponderación siguiente,

$$w_{ij} = \left[ 1 - \left( \frac{d_{ij}}{h_i} \right)^2 \right]^2 \quad \text{Si } d_{ij} < h_i \text{ alternativamente } = 0 \quad (4)$$

dónde:

$w_{ij}$  es la matriz de ponderación espacial,  $i$  es el punto de pivote de la regresión.  $j$  es cada uno de los casos observaciones incluidas en la regresión local  $n$ ,  $d_{ij}$  es la distancia de la muestra  $i$  al  $j$  y  $h_i$  es la distancia de los  $n$  punto  $j$ . con esta ponderación a los casos  $(u, v)$  vecinos se les da un mayor peso en regresión específica.

Si las  $(u, v)$  están en un malla de puntos de una red con nodos en los casos de estudio, entonces la variación espacial de los parámetros estimados pueden ser examinados como una pseudo superficie. Los parámetros pueden ser la prueba de "peso significativo" de la variación espacial.

Como resultado de lo anterior, se produce el mismo número de regresiones que el de casos introducidos. Generándose adicionalmente diversas medidas de diagnóstico disponibles como el criterio de

Información de Akaike3, error típico local, las medidas locales de influencia, y una bondad local de ajuste (coeficiente de determinación,  $R^2$ ).

Lo relevante de esta aproximación es que se develan los atributos que tienen efectos no estacionarios. Es decir, que el valor marginal de cada unidad en cada uno de los atributos varía a lo largo del espacio. Es probable que la mejora de la capacidad explicativa de la GWR se deba precisamente a la consideración de estas especificidades locales en la valoración de las características residenciales.

La validación estadística de la variación espacial de los atributos con características especializadas se ha realizado por medio del Test de Monte Carlo (Fotheringham, et ál., 2002).

#### 4. Ámbito de estudio, datos e indicadores utilizados

El ámbito de estudio donde tiene verificativo la presente investigación, es la ciudad de Mazatlán, emplazada en el estado de Sinaloa, al noroeste de México, cuya extensión territorial municipal asciende 306.848 ha, representando el 5,3% de la superficie del estado, su núcleo urbano tiene 7.692 ha, el 2,51% de su superficie municipal, con una población urbana de 352.471 hab, desarrollando una densidad media de 46 hab/ha, según datos del instituto nacional de estadística geografía e informática (en adelante, INEGI) en el 2005.

El proceso de recogida de datos, está separada en siete grandes apartados: 1) reconocimiento del territorio estudiado; 2) datos e indicadores a utilizar; 3) recopilación y sistematización de la información; 4) conformación y construcción de la base de datos (en adelante, BDD) y el sistema de información geográfica (en adelante, SIG); 5) explotación y análisis de la información; 6) modelado del mercado (MPH, GWR) y determinación del FL; y por último, 7) representación por medio del SIG de los resultados obtenidos.

En este sentido, se generó un reconocimiento de la ciudad, con el objeto de realizar una delimitación paramétrica de características de calidad de los diferentes fraccionamientos y colonias. Como una fuente de información de tipo cualitativo y de contextualización.

La captura de información (casos) proviene de: valoraciones o tasaciones del Colegio Nacional de Valuadores Posgraduados a. c. y otros; las ofertas de ventas de los inmuebles, procedentes de las siguientes fuentes: propietarios, comercializadas por medio de la AMPI, y por medio inmobiliarias especializadas.

Con el objetivo de construir un SIG que permita la localización de las muestras de mercado en el espacio territorial, en términos de tener un control espacial, por lo que su georeferenciación se realiza individualmente, utilizando las bases graficas estandarizadas y otras generadas ad hoc. Las plataformas utilizadas son AutoCAD, ArcGIS, MapInfo y TransCAD.

La cartografía utilizada tiene dos procedencias:

1. Cartografías e informaciones públicas: base cartográfica de TeleAtlas 2008, DigitalGlobe contenidas en Google Earth y Maps.
2. Cartografías e informaciones elaboradas exprofeso a efectos de esta investigación: base cartográfica de AGEBs en base al II conteo de población y vivienda INEGI 2005.

La cartografía digitalizada a efectos de análisis y visualización de los resultados (al no ser posible su obtención en formato digital o en su caso especializada para nuestros fines), se muestra en la tabla 1 siguiente.

Tabla 1. Cartografía e información utilizada

Conformación digital de las áreas geoestadísticas básicas	Georeferenciación de servicios de comercios
Generación de la red vial de la ciudad.	Georeferenciación de servicios de ocio.
Georeferenciación propia de las muestras de mercado	Georeferenciación de servicios de casetas de vigilancia

<sup>3</sup> Traducción al inglés: AIC (Akaike Information Criterion). Estadístico que permite decidir el orden de un modelo. AIC toma en consideración tanto la medida en que el modelo se ajusta a las series observadas como el número de parámetros utilizados en el ajuste. Búsquese el modelo que describa adecuadamente las series y tenga el mínimo AIC.

Georeferenciación de instituciones de educación en sus diferentes niveles  
Georeferenciación de servicios de gasolineras  
Georeferenciación de servicios de hospitales y servicios médicos  
Georeferenciación de servicios de hospitales y servicios médicos

Georeferenciación de servicios de áreas productivas  
Georeferenciación de servicios de áreas productivas  
Georeferenciación de servicios de vías estructurales  
Georeferenciación de servicios de zonas inundables

Fuente: Elaboración propia

La información socioeconómica del censo 2000 y del II conteo de población y vivienda 2005, del INEGI comentada, se transfiere a los inmuebles, para lo que se construyen buffers de 100, 150, 300, 500 y 1.000m, de manera de propiciar la captura de las influencias de los AGEB vecinos a varias escalas. Trasladándose estas variables según la localización de cada caso, con la técnica del promedio proporcional según los distintos AGEB que intervinieren, resultando el buffer 300m el de mayor influencia en los valores.

Mostramos en la tabla 2 siguiente los estadísticos descriptivos de los atributos que resultan de mayor relevancia en la explicación del valor residencial, dejando ver que en el muestreo del mercado inmobiliario del ámbito se presenta una media del valor unitario de vivienda (en adelante, VUV) de 9.135,56\$/m<sup>2</sup>, ubicada a 1,6km de distancia a la línea de playa, con una antigüedad de 16 años, con una probabilidad de inundación del AGEB del 6%, entre otros atributos.

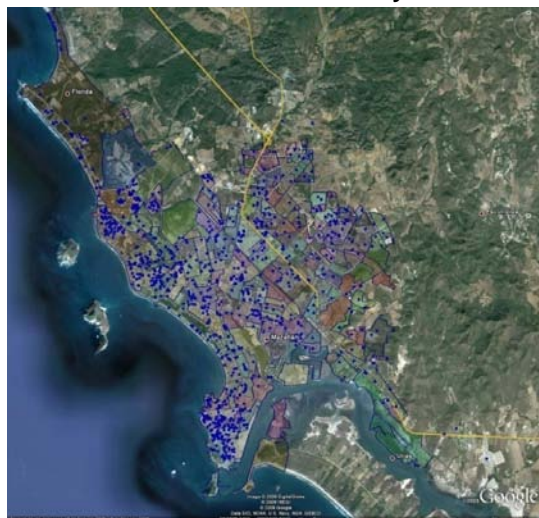
Tabla 2. Estadísticos descriptivos

Atributo	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Valor unitario (VU) en \$/m <sup>2</sup>	845	1.600,00	33.580,56	9.135,56	5.856,16
Distancia del inmueble a la línea de mar o playa (ml)	845	14,75	7.274,06	1.636,84	1.843,91
Antigüedad o edad de la construcción (años)	845	0,00	77,50	15,51	14,05
% Area Inundable en la AGEB	845	0,00	94,99	5,86	12,10
% de Población de 15 años y más con instrucción media superior o superior en el buffer 300m	845	0,00	61,32	40,15	12,10
Numero de baños	845	1,00	7,00	2,16	1,09
% de Viviendas particulares rentadas en el buffer 300m	845	0,00	45,30	18,66	9,81
Ponderación de calidad de los acabados en los pisos (pavimento)	845	0,00	39,00	24,19	8,31
Jerarquía de tipología de fachada	845	2,38	47,42	21,97	13,42
Jerarquía del estado de los servicios públicos	845	0,00	27,31	15,86	8,22

Fuente: Elaboración propia, sobre la base del levantamiento de muestras de mercado directo, del segundo conteo de de población y vivienda (INEGI, 2005) y las escalas de ponderación y jerarquización de Tomas Saaty.

En la figura 1 siguiente se muestra la delimitación de las AGEB, así como las casos muestrales capturadas y sistematizadas por medio de un SIG.

Figura 1. Georeferenciación de los AGEB y las 1.056 muestras



Fuente: Elaboración propia a partir imagen aérea de Google Earth 2009.





## 5. Desarrollo

### 5.1 Modelación del $\ln(VUV)$ , MPH

En el proceso de desarrollo de la investigación, se ensayaron cuatro escenarios (valores de inmuebles de usos diversos y residencial exclusivo, tanto en valor global del inmueble, como unitario), con la finalidad de indagar influencias de usos y destino de los inmuebles, así como encontrar los modelos más explicativos.

Se presenta en este artículo uno de los escenarios mencionados, la modelación para el VUV, con el objeto de conseguir indicadores exclusivos para este subsector inmobiliario, sector que posee un mercado más dinámico y atomizado. Para la modelación pretendida se hace uso de la siguiente función,

$$VUV = \ell^{\left[ \sum_{i=0}^n (\beta_{li}x_{li} + \beta_{Ai}x_{Ai} + \beta_{ji}x_{ji} + \beta_{Ei}x_{Ei}) + \beta_0 + \varepsilon \right]} \quad (5)$$

dónde: VUV es el valor de venta unitario de mercado de la vivienda,  $\ell$  es la base del logaritmo neperiano,  $\beta_{li}$  son los coeficientes de cada uno de los atributos  $x_{li}$  que surgen en el ámbito de las características intrínsecas de los inmuebles (p. ej. superficie construida, calidad edilicia, etc.),  $\beta_{Ai}$  son los coeficientes de cada uno de los atributos  $x_{Ai}$  que surgen en el ámbito de las características de accesibilidad de los inmuebles (p. ej. cercanía a la línea de playa, al centro de la ciudad, a vialidades estructurales, etc.),  $\beta_{ji}$  son los coeficientes de cada uno de los atributos  $x_{ji}$  que surgen en el ámbito de las características de jerarquía social en la cual se insertan los ocupantes de los inmuebles (p. ej. la estructura de la ocupación, renta y nivel de formación del tejido social, etc.),  $\beta_{Ei}$  son los coeficientes de cada uno de los atributos  $x_{Ei}$  que surgen en el ámbito de las características de las externalidades urbano ambientales en la cual se insertan los inmuebles (p. ej. amplitud de la calle frente al inmueble, cantidad de áreas verdes en la zona, distancia a zonas de contaminación de aire y agua, etc.),  $\beta_0$  es un vector compuesto que representa la ordenada en el origen, producto de los atributos no observables y por tanto no tomados en cuenta en las variables caracterizadas de la modelación,  $\varepsilon$  es el error de aproximación o los residuos de ajuste del modelo.

La función (2) anterior, se puede expresar en términos lineales con un doble propósito: por un lado es necesario linealizar el modelo, con el motivo de poder utilizar la regresión lineal múltiple por medio del método de los mínimos cuadrados ordinarios (en adelante, MCO); por otro lado, con la función semilogarítmica de los valores unitarios de venta se cuenta con el beneficio de minimizar las distancias entre las magnitudes de los valores y con ello hacer más eficiente el modelo, de este modo se tiene:

$$\ln(VUV) = \sum_{i=0}^n (\beta_{li}x_{li} + \beta_{Ai}x_{Ai} + \beta_{ji}x_{ji} + \beta_{Ei}x_{Ei}) + \beta_0 + \varepsilon \quad (6)$$

Asimismo, esta es la forma convencional más utilizada en la literatura, entre otras cosas porque contribuye a normalizar la distribución de valores y de los residuos, tiene la ventaja añadida de revelar mediante el valor de  $\beta_i^4$  directamente las semielasticidades, es decir, el impacto sobre el valor en términos porcentuales, que tiene la variación de una unidad de cada atributo, *Cæteris páribus*.

Con el propósito de aproximar la distribución del valor total a la normal y así poder cumplir con los supuestos de utilización del MCO, se excluyeron las muestras de valores extremos (outliers), con la utilización del siguiente filtro

$$VUV < \overline{VUV} + 2\sigma \quad (7)$$

dónde:  $\overline{VUV}$  es el valor unitario de venta promedio de la vivienda,  $\sigma$  es la desviación estándar o típica

<sup>4</sup> A consecuencia de  $\Delta(VUV) = e^{\beta_i \cdot (1)} - e^{\beta_i \cdot (0)} = e^{\beta_i} - 1$

En este caso, no hace falta filtrar la muestra por su parte inferior, ya que al considerar solo los inmuebles de uso residencial se eliminan los inmuebles sin construcción o estado rústico, segmento en que se ubicaban estas viviendas alejadas de la “normalidad” muestral.

Aplicando el filtro anterior (7) las muestras se reducen de 845 a 801 casos, con las estadísticas mostradas en la tabla 3, posteriormente en la figura 2, se muestra la distribución, tanto para el muestreo original como logaritmizado y filtrado, donde se aprecia que los valores logarítmicos reportan un comportamiento más cercano a la normalidad. La grafica Q-Q normal (figura 3), refuerza la idea anterior, esta deja ver, con una línea bisectriz del cuadrante, una distribución normal teórica, la muestra que se representa con puntos, deberá estar próxima a la recta, para que el ajuste sea aceptable.

Tabla 3. **Estadísticos descriptivos del muestreo filtrado [ln(VUV)]**

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típ.
Logaritmo neperiano del VUV	801	7,38	9,94	8,86	0,57
N válido (según lista)	801				

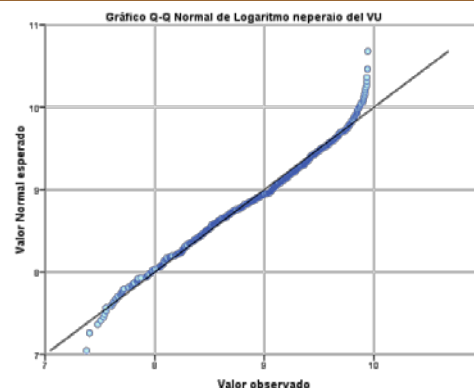
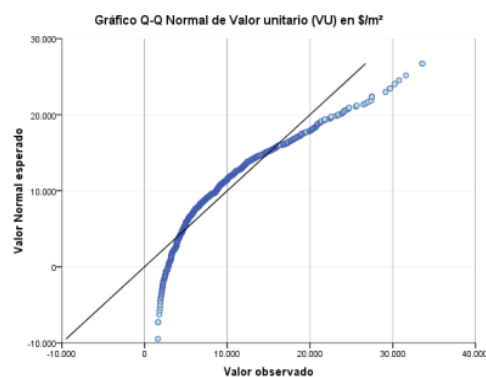
Fuente: Elaboración propia

Figura 2. **Distribución del muestreo, original y filtrado** (a la derecha)

—|

d |

Figura 3. **Gráficos Q-Q normal del VUV y del ln(VUV)**



Fuente: Elaboración propia.

Según lo indicado, la muestra que nos ocupa tiene un comportamiento normal aceptable.

Con los datos e indicadores construidos se constituye la BDD, procediendo a la modelación del VUV, a partir de 8 grandes rubros de información detallados a continuación:

1. Identificación general del inmueble, que presenta datos que permiten caracterizar e identificar cada muestra, así como datos complementarios procedentes del SIG, concretamente, el código de AGEB y el estado referencial de las muestras.
2. Datos de la operación, es decir, monto del valor de mercado de cada una de las muestras y tipo de moneda utilizada, VUV y atributos de estos valores de mercado.

3. Datos técnicos del inmueble como superficie de terreno, superficie construida, espacios comprendidos por cada inmueble, así como algunas ponderaciones de las características constructivas y cálculos adicionales como los coeficientes de ocupación y utilización del suelo (en adelante, COS y CUS respectivamente).
4. Elementos endógenos del inmueble. En este apartado se identifican los elementos intrínsecos de cada muestra, concretamente se toma en cuenta la posición del inmueble en la manzana, la amplitud relativa de los espacios de cada inmueble, el uso vigente del inmueble, los desniveles en los accesos, la funcionalidad y el tipo de fachada, los acabados, las instalaciones generales y su estado de conservación, el periodo medio cuando se urbanizó el fraccionamiento o colonia y la antigüedad del inmueble.
5. Elementos exógenos del inmueble. En este apartado se identifican los elementos externos de los inmuebles considerados, como el ancho de calle frente al inmueble, las distancias a varios elementos urbanos y de servicios (línea de mar, centro de la ciudad, sub centros urbanos, centros educativos, zonas inundables, zonas de alto tráfico y congestionamiento, asentamientos irregulares, zonas incompatibles o cambio de uso del suelo, áreas verdes, casetas de vigilancia, centros de salud y asistencia médica, comerciales y de abasto, ocio, zonas productivas, vialidad estructural), las coordenadas de posición, las densidades de las áreas verdes, la existencia y la calidad de los equipamientos urbanos y los servicios públicos en cada zona, la jerarquía social y la tipología de la zona, las características del entorno inmediato de cada muestra, la accesibilidad y los medios de transporte disponibles, el rango de ingresos de la zona en que se encuentra la muestra, la existencia de campos de golf y la intensidad edificada en la zona.
6. Reporte fotográfico de cada muestra.

Por último en los rubros 7 y 8 Se presentan los indicadores socioeconómicos extraídos del INEGI, con la única distinción entre ambos que para el último apartado se consideran buffers de 300 metros que consideran las características socioeconómicas en el entorno (la vecindad), ya que este buffer resulto el más correlacionado con los valores inmobiliarios.

Después de ensayar con varios modelos, evitando variables con alta colinealidad, se presenta el modelo estadísticamente más correcto en las tablas siguientes 4, 5 y 6. Las variables estimadas presentan los signos esperados, explicando el valor unitario de las viviendas por encima del 78%, todas las variables mostradas son significativas al 95% de confianza, mientras que el modelo en conjunto es significativo al 99%.

**Tabla 4. Resumen del modelo ln(VUV)**

R	R cuadrado	R cuadrado corregida	Error típ. de la estimación
0,884	0,781	0,778	0,266099

**Tabla 5. ANOVA ln(VUV)**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	131,166	9	14,574		
Residual	36,679	518	0,071	205,823	8,975E-165
Total	167,845	527			

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 6. Coeficientes(a)**

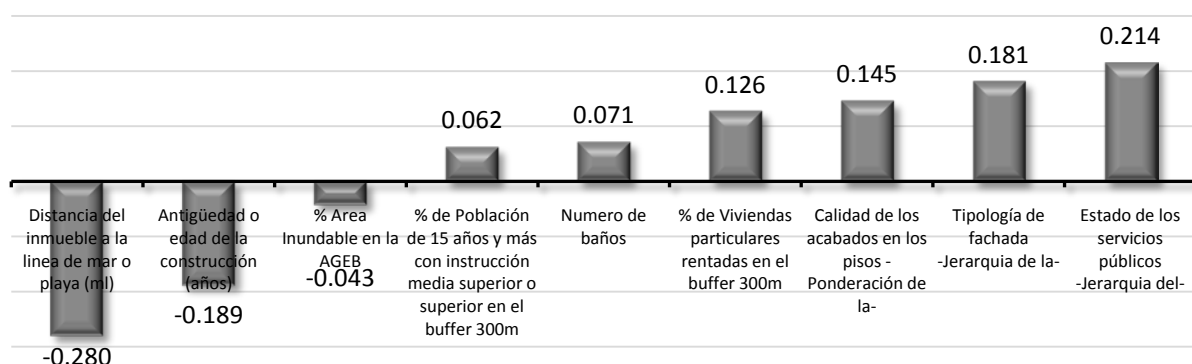
Atributos	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.	Estadísticos de colinealidad	
	$\beta$	Error típ.	Beta				Tolerancia	FIV
(Constante)	8,179	0,092			89,348	0,000		
Distancia del inmueble a la línea de mar o playa (ml)	-9,054E-05	0,000	-0,280		-8,272	0,000	0,368	2,718
Antigüedad o edad de la construcción (años)	-7,635E-03	0,001	-0,189		-7,368	0,000	0,641	1,559
% Área Inundable en el AGE	-2,065E-03	0,001	-0,043		-2,035	0,042	0,932	1,073

% de Población de 15 años y más con instrucción media superior o superior en el buffer 300 m	2,847E-03	0,001	0,062	2,217	0,027	0,541	1,847
Número de baños	3,527E-02	0,013	0,071	2,798	0,005	0,652	1,534
% de Viviendas particulares rentadas en el buffer 300 m	8,203E-03	0,002	0,126	4,715	0,000	0,587	1,704
Ponderación de la calidad de los acabados en los pisos (pavimento)	1,015E-02	0,002	0,145	5,435	0,000	0,593	1,686
Jerarquía de la tipología de fachada	8,223E-03	0,001	0,181	6,019	0,000	0,469	2,133
Jerarquía del estado de los servicios públicos	1,595E-02	0,002	0,214	6,640	0,000	0,406	2,465

a Variable dependiente: Logaritmo neperiano del VUV

Fuente: Elaboración propia (SPSS 15.0, método pasos sucesivos).

Figura 4. Nivel de importancia de los atributos del modelo (coeficientes  $\beta$ )



Fuente: Elaboración propia.

La figura 4 anterior, muestra los niveles de importancia de las variables más relevantes del estudio, seleccionadas por el modelo  $\ln(VUV)$ . El signo de los coeficientes sugieren lo siguiente: a mayor distancia del inmueble a la línea de playa, menor es la disponibilidad a pagar por el producto inmobiliario unitario (vivienda), capturando esta variable el mayor peso específico del modelo; a mayor antigüedad de la vivienda, menor disponibilidad a pagar por ésta; a mayor probabilidad de inundación en la zona (AGEB), menor es el valor de los inmuebles; a mayor nivel de información (instrucción formativa) de los residentes en la zona (buffer 300 metros), mayor disponibilidad a pagar por las viviendas; al incrementar el número de baños se incrementa el VUV; al incrementarse el número de viviendas arrendadas en la zona (buffer 300 m) se incrementan los valores unitarios de estas (característica que refleja el vocacionamiento turístico de la ciudad); a mejor calidad de acabados, mayor valor de la vivienda; a una mejoría en la tipología de la fachada (estética) mayor disponibilidad a pagar por la vivienda; cuanto mejor es el estado de los servicios públicos o privados comunes (calles y banquetas, espacios libres y de recreación, parques y jardines, casa club, etc.), mayor es el VUV.

El modelo prevé los pesos marginales en la composición del valor de la vivienda en las dimensiones que en la siguiente tabla 7 se citan.

Tabla 7. Peso marginal de los atributos relevantes del mercado analizado

a	Atributo	Coefficientes estandarizados	Peso marginal del valor	Unidad pesos mexicano (\$)
e	Distancia del inmueble a la línea de mar o playa (ml)	-0,280	-0,009%	/ml adicional de distancia de la vivienda a la línea de playa
i	Antigüedad o edad de la construcción (años)	-0,189	-0,761%	/año adicional de antigüedad
e	% Área inundable en el AGEb	-0,043	-0,206%	/punto % adicional de área inundable en la AGEb a que pertenece la vivienda
e	% de Población de 15 años y más con instrucción media	0,062	0,285%	/punto % adicional de población $\geq 15$ años

	superior o superior en el buffer 300 m			c/instrucción m. superior o superior en B300
i	Numero de baños	0,071	3,590%	/c/baños adicional o fracción
e	% de Viviendas particulares rentadas en el buffer 300 m	0,126	0,824%	/punto % de viviendas rentadas en el B300 en que se inscribe el inmueble
i	Ponderación de la calidad de los acabados en los pisos (pavimento)	0,145	1,021%	/ponderación adicional de la calidad de los pisos de la vivienda
i	Jerarquía de tipología de fachada	0,181	0,826%	/Jerarquización adicional de la tipología de la fachada
e	Jerarquía del estado de los servicios públicos	0,214	1,607%	/Jerarquización adicional del estado servicios públicos
a: Tipo de atributo, i: Intrínseco, e: Extrínseco.				

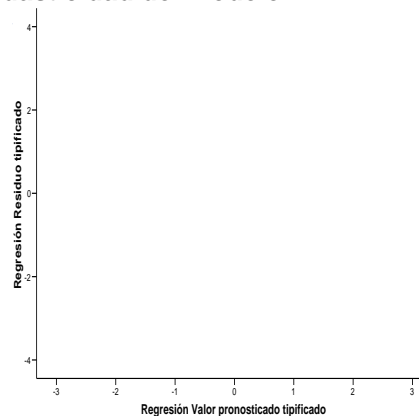
Fuente: Elaboración propia.

Para probar que la modelación realizada ofrece un desempeño estadísticamente adecuado, para lo cual, es sabido que el histograma de residuos estandarizados de un desempeño normal teórico, supone una media de cero, con una desviación estándar de uno. En la figura 5 siguiente se presenta esta prueba grafica y sus parámetros (media=-0,07, desviación típica 1,03), en la que se aprecia un ajuste aceptable. La comprobación del ajuste del modelo obtenido se realiza gráficamente, así, un ajuste teórico biseca el cuadrante mostrado con la línea, mientras que el comportamiento del modelo obtenido está representado con los puntos (ver figura 6). Un comportamiento aceptable no debe separarse tendenciosamente de la línea.

Figura 5. Histograma de residuos

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Prueba de ajuste y homocedasticidad del modelo



Fuente: Elaboración propia en SPSS 15.0

La última prueba es la ausencia de heterocedasticidad, consistente en la grafica del valor pronosticado tipificado vs los residuos tipificados reportados por el modelo, lo que formado una nube de puntos. Para



que un modelo reporte homocedasticidad, esta nueve debe generarse en torno al origen, evitando formar patrones de comportamiento definidos, garantizando así, que los coeficientes del modelo tengan un comportamiento lineal, insesgado y con una mínima varianza, maximizando su eficiencia.

Ambas asunciones se ven cumplidas en este reporte gráfico, por lo que el modelo manejado es adecuado.

## 5.2 Una aproximación geográficamente ponderada de la distribución espacial de los valores inmobiliarios

Una vez realizada y ajustada la modelación de los valores inmobiliarios, por medio del MCO, hemos obtenido entre otras cosas los atributos que juegan un papel explicativo, Sin embargo, la modelación anterior no es capaz de explicar eficientemente el funcionamiento del mercado inmobiliario, en términos de su distribución espacial, ya que no se establecen diferencias en los pesos marginales de los distintos atributos a lo largo del territorio, asunción que se pone a prueba, con la técnica de regresiones geponderadas, la cual de manera iterativa examina el comportamiento de los modelos para diferentes núcleos de casos vecinos de la muestra.

El Test de Monte Carlo da cuenta de la significancia de la variación espacial de cada uno de los atributos involucrados en la modelación.

Esta técnica finaliza con la estimación de un modelo por cada caso de la muestra, ajustando a las condiciones específicas de la zona los coeficientes del modelo particular.

### 5.2.1 Modelación del $\ln(VUV)$ , GWR

Se parte de los atributos de relevancia, producto de la metodología de los PH utilizada en el apartado 5.1.

El filtrado inicial para obtener sólo las muestras con uso de vivienda, reduce la muestra de 1.056 a 845 casos. El siguiente filtrado consiste eliminar los outliers, lo que reduce a 803 muestras válidas, con las cuales construimos el modelo geográficamente ponderado con las variables que resultaron relevantes en el proceso previo.

Los resultados de la GWR se presentan en las siguientes tablas, al comprar los coeficientes de determinación del MPH y la GWR se perciben pequeñas diferencias (ver tabla 8) que califican a la GWR como mejor modelo, producto de la regresión específica para cada muestra. El análisis de la varianza para el modelo VUV se muestra en la tabla 9 siguiente.

El modelo se establecen en seis cortes transversales de la muestra (tabla 10), los resultados (a la derecha) sugieren que los niveles de significancia de las covariables de influencia en los  $\ln(VUV)$  tienen un impacto estadístico diferencial, sobre el precio a lo largo del espacio.

Tabla 8. Resumen del Modelo  $\ln(VTV)$  –GWR vs. MCO-

Modelo	R	R cuadrado	R cuadrada corregida	Erro Tip. de la estimación	Criterio de información Akaike
MCO	0,891	0,794	0,791	0,280	244,856656
GWR	0,940	0,883	0,856	0,232	142,893560

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. ANOVA –GWR vs. MCO-

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F
Residuos del modelo MCO	62,0	10,00		
Mejora del modelo GWR	26,8	140,38	0,1906	
Residuos del Modelo GWR	35,3	652,62	0,0540	3,5266
Número de vecinos más cercanos		104		
Número de localidades del modelo de ajuste		803		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Coeficiente(a)

Atributo	Coeficientes $\beta$						Test de Monte Carlo sobre la variabilidad espacial de $\beta$ P-value	
	Mínimo	Cuartil inferior	Mediana	M-estimador de Huber	Cuartil Superior	Máximo		
Intercepto	6,860	7,920	8,258	8,2845	8,728	10,049	0,000	***
Distancia mínima a línea de playa sobre la red viaria	-7,32E-04	-2,26E-04	-9,70E-05	-1,09E-04	-2,00E-05	5,05E-04	0,000	***
Antigüedad o edad de la construcción (años)	-0,033	-0,013	-0,010	-0,0098	-0,007	0,003	0,000	***
% Área Inundable en el AGEB	-0,349	-0,005	-0,001	-0,0013	0,003	0,029	0,000	***
% de Población de 15 años y más con instrucción media superior o superior en el buffer 300 m	-1,43E-02	-5,64E-04	5,43E-03	5,15E-03	1,03E-02	6,06E-02	0,000	***
Número de baños	-9,52E-02	-2,75E-02	-3,74E-03	-9,80E-04	3,35E-02	1,88E-01	0,400	n/s
% de Viviendas particulares rentadas en el buffer 300 m	-0,085	-0,015	-0,001	-0,0023	0,008	0,056	0,000	***
Ponderación de calidad de los acabados en los pisos (pavimentos)	-5,17E-03	7,00E-03	1,22E-02	1,22E-02	1,80E-02	3,99E-02	0,020	*
Jerarquía de tipología de fachada	-4,07E-03	5,15E-03	9,19E-03	1,02E-02	1,82E-02	4,42E-02	0,000	***
Jerarquía del estado de los servicios públicos	-0,045	0,004	0,014	0,0141	0,026	0,048	0,000	***

a Variable dependiente: Logaritmo neperiano del VUV

\*\*\* = significativo al nivel 0,1%

\*\* = significativo al nivel 1%

\* = significativo al nivel 5%

Fuente: Proceso propio en GWR3 tipo de Kernel adaptativo.

Como se puede apreciar, en la significancia del test de Monte Carlo (tabla 10), sólo uno de los atributos (número de baños) resulta indiferente al territorio, así puede demostrarse que el mercado no presenta un patrón espacial de valores homogéneos, induciendo a la teoría de segmentación del mercado inmobiliario a lo largo del territorio.

## 6. El factor de localización

El objetivo del presente investigación, es la indagación sobre los elementos que subyacen en las diferencias de precios inmobiliarios a lo largo del territorio, de cara de encontrar una medida que las defina y haga posible su comparación objetiva, hasta aquí, se ha resuelto la primera parte de este cometido en los apartados 5 y 6 anteriores. Ahora se trata de establecer la parte medular del estudio, el FL.

Para explicar el FL hemos de apoyarnos en el modelo que dio a luz a los atributos principales que explican la distribución espacial de los valores inmobiliarios de la ciudad de Mazatlán. Definiendo el FL como el parámetro que caracteriza las zonas de valor de inmuebles análogos por sus particularidades de ubicación, atributos constructivos y condiciones socioeconómicas de carácter local, que influyen en la distribución de los valores inmobiliarios en la ciudad. Lo que nos lleva al ratio establecido entre valor de mercado y el valor básico del inmueble,

$$FL = Vm / Vb \quad (8)$$

dónde:

FL representa al factor de localización, Vm estimación del valor de mercado del bien, Vb es el valor básico del bien, definido como el valor que no depende de la participación de los atributos endógenos-exógenos, sino de otra índole.

Es decir, el FL representa la disposición a pagar de un comprador por un bien inmueble enclavado en un lugar específico del entorno urbano, en relación al valor agregado que el sitio obtiene de su localización y características edilicias, en definitiva, el FL refleja precisamente el diferencial de valor atribuible del inmueble en relación a otras localizaciones, dentro del mencionado entorno urbano.

En el apartado 6 del presente documento encontramos la expresión matemática utilizada, tanto en la regresión ordinaria como en la regresión geográficamente ponderada, la cual podemos condensar los sumandos de atributos endógenos y exógenos del VUV, resultando la expresión siguiente,

$$VUV = \ell^{\left[\sum(\beta_e x_e + \beta_i x_i) + \beta_0 + \varepsilon\right]} \quad (9)$$

donde: VUV es el valor de venta unitario de mercado de la vivienda,  $\ell$  es la base del logaritmo neperiano,  $\beta_e$  son los coeficiente de cada uno de los atributos extrínsecos al inmueble considerados  $x_e$ , son los coeficiente de cada una de los atributos intrínsecos al inmueble consideradas  $x_i$ ,  $\beta_0$  es un vector compuesto que representa la ordenada en el origen, producto de los atributos no observables, lo que implica que siendo parte del valor de mercado, no se justifica en función de los atributos considerados (endógenos y exógenos del inmueble), en consecuencia un valor proveniente de otro contexto de atributos,  $\varepsilon$  es el error de aproximación o los residuos de ajuste del modelo. Esta expresión se puede transformar con la aplicación de la primera ley de los exponentes (producto de potencias con la misma base)<sup>5</sup> en la siguiente expresión,

$$VUV = \ell^{\sum(\beta_e x_e)} \ell^{\sum(\beta_i x_i)} \ell^{\beta_0} \ell^{\varepsilon}$$

En la ecuación anterior (8), se presentan tres factores que componen el VUV, por lo que cada uno de estos elementos representa el factor según la tipología de los atributos, de forma que se tiene en esta ecuación de manera implícita el valor de cada uno de los factores, tanto del factor que mide las características intrínsecas como las extrínsecas. La interacción de estos dos factores representan el objeto de estudio de la presente tesis, ya que con él se miden las externalidades en cada una de las zonas (AGEB), así sustituyendo en la ecuación (8) del FL a:

$\ell^{\sum(\beta_e x_e)} \ell^{\sum(\beta_i x_i)} \ell^{\beta_0} \ell^{\varepsilon}$  como el valor de mercado y asumiendo que  $\ell^{\beta_0}$  representa el valor básico del inmueble (el valor que no depende de las participación establecidas entre las externalidades urbano ambientales, socioeconómicas, accesibilidad y atributos constructivos), se obtiene la siguiente expresión,

$$FL = \frac{\ell^{\sum(\beta_e x_e)} \ell^{\sum(\beta_i x_i)} \ell^{\beta_0} \ell^{\varepsilon}}{\ell^{\beta_0} \ell^{\varepsilon}} = \ell^{\sum(\beta_e x_e)} \ell^{\sum(\beta_i x_i)} \quad (11)$$

Con lo anteriormente considerado, se está en condiciones de encontrar este FL para cada zona (AGEB) de la ciudad estudiada. Ya que se cuenta con una regresión por muestra considera (803 caso del VUV, inscritas en las diferentes AGEb), que para estos efectos se factorizan en terminos de la ecuación (10), con lo que es posible contar con 803 FL distribuidos en el territorio.

Para establecer un FL por AGEb, se hará con la reducción de los factores individuales encontrados por área, mediante un estimador robusto central (estimador-M de Huber), el cual representara el FL de cada área, midiendo la participación de los elementos exógenos-endógenos a los inmuebles.

Al contar con un FL por cada AGEb, se permite la comparaciones objetivas entre las diferentes zonas de la ciudad, en relación a sus características locacionales y edilicias, así que representa una herramienta importante para la aplicación en la valoración inmobiliaria con el método de comparación de mercado, de manera que el cociente del FL que le corresponde por su ubicación al sujeto (inmueble a valorar) y el FL por ubicación del comparable, se obtendrá el factor de homogenización por localización, lo que se puede expresar de la siguiente manera,

$$FHL = FLS / FLC \quad (6) \quad (12)$$

<sup>5</sup> El producto de potencias con la misma base (distinta de cero) es igual a la base elevada a la suma de los exponentes.

<sup>6</sup> FLS, Factor de Localización del Sujeto / FLC, Factor de Localización Comparable.

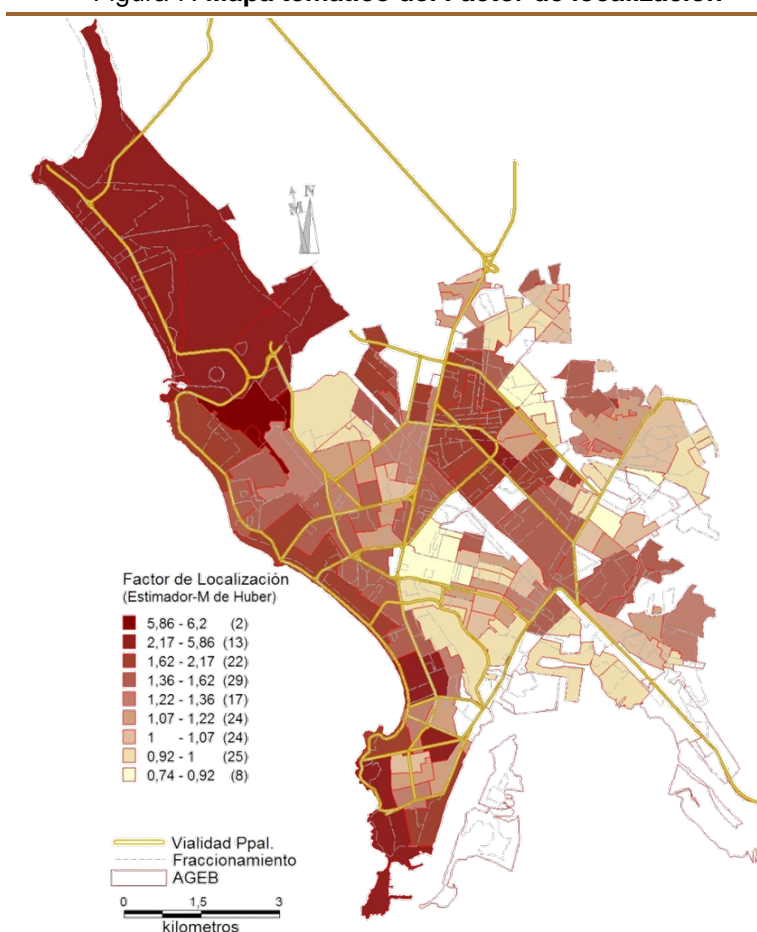
Así, se refuerza el proceso de establecimiento de factores de homogenización, en la parte de comparar distintas zonas del ámbito (componente de mayor complejidad), aportando de esta manera, herramientas para generarlo de manera objetiva.

Para visualizar el FL de manera general en el ámbito, se vuelcan los resultados de la factorización de los modelos obtenidos y unificados en un FL por AGEB, presentados por el mapa temático de la figura 7.

El mapa mencionado presenta bastante racionalidad, en términos que los valores de ambos aumentan conforme su distancia a la línea de playa turística disminuye, y la cercanía a las vialidades principales, disminuyendo en base a zonas que presentan problemas de inundación, estado de los servicios públicos (calles, banquetas, alumbrado público, parques y jardines, etc.), entre otros.

El mapa del FL tiene la capacidad de medir objetivamente la magnitud de la participación de los elementos locativos y edificios en el valor en las diferentes zonas que componen la ciudad, cualidad de gran mérito al realizar una valoración masiva de la misma (catastrales entre otras), así como para el control de valoraciones particulares y la toma de decisiones de diferente índole.

**Figura 7. Mapa temático del Factor de localización**



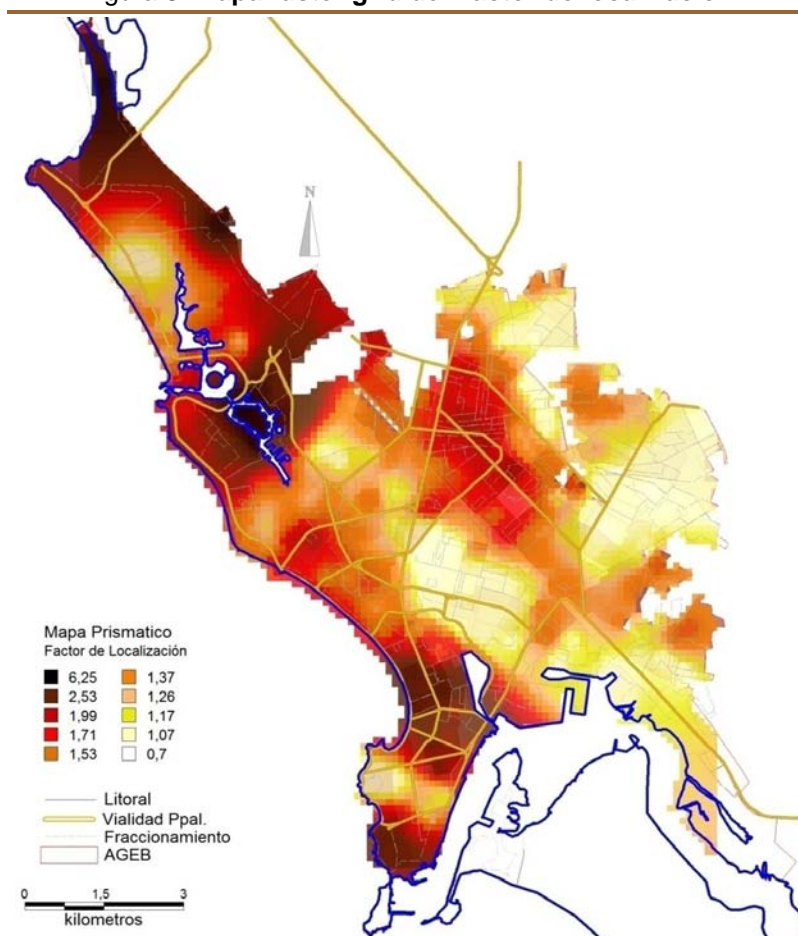
Fuente: elaboración propia

El mapa temático del FL es una herramienta en sí, ya que permite visualmente la ubicación del sujeto y, en relación a esto, la ubicación de los posibles comparables dentro de las diferentes zonas de la ciudad. Cabe hacer mención de algunas limitaciones de este resultado, imputables a la delimitación de las AGEB por el INEGI, ya que algunas de ellas inscriben fraccionamientos de diferentes tipologías, es decir, no guardan homogeneidad en sus condiciones urbano ambientales y/o socioeconómica entre los

fraccionamientos incluidos, lo que deriva en la pérdida de efectividad de este FL en algunas zonas, infravalorando algunos fraccionamientos por un lado y sobrevalorándolos por otro.

Otra manera de configurar la transferencia y generalización espacial de los resultados particularizados del FL, es por medio de un mapa trama de cuadrícula (raster grid), dónde cada uno de los píxeles (cuadrícula de 100m) obtiene su valor al interpolar los FL obtenidos, utilizando el método de ponderación inversa a la distancia (en adelante, IDW por las siglas en inglés de Inverse Distance Weighting), lo que permite ponderar las zonas no en función del promedio del AGEBs sino directamente por su posición geográfica, ver la figura 8 siguiente.

Figura 8. Mapa raster grid del Factor de localización



Fuente: elaboración propia

## 7. Conclusiones

En función de la participación de las dimensiones urbanas analizadas, en el ámbito de estudio, su jerarquía se establece de la siguiente manera:

Una participación del 44% adjudicadle a elementos endógenos; los elementos exógenos tienen al frente las externalidades urbano ambientales con un 50%; seguida de la jerarquía social con un 33% y con 17% la accesibilidad.

Como conclusión principal del estudio, la materialización de la medida objetiva del factor de localización, producto de un análisis econométrico del mercado de la vivienda, capaz de proponer de manera condensada la valía diferencial que guardan las distintas zonas de la ciudad.





El objetivo de esta investigación es la obtención del FL, parámetro integrador que mide la participación de elementos endógenos y exógenos de los bienes inmuebles en el mercado inmobiliario, en las distintas zonas de un ámbito urbano.

En primera instancia, se aborda la explicación de los factores locacionales y edilicios de los valores de mercado de los bienes inmuebles, de manera de encontrar los atributos que explican de una mejor manera la distribución espacial de los valores inmobiliarios. Finalizando con el análisis espacial de los atributos, lo que ha dado lugar al cálculo del FL.

El estudio desarrollado representa una herramienta en el ámbito de la valoración inmobiliaria importante, en varias facetas de aplicación en beneficio de la sociedad, ya que brinda parámetros sencillos de comparación entre las diferentes zonas, en función de sus atributos constructivos, cualidades urbano-ambientales, socioeconómicas y de accesibilidad.

El FL posee una menor tasa de caducidad respecto a los valores inmobiliarios expresados de manera directa, ya que los elementos subyacentes en este concepto tienen una vigencia mayor, dado que se trata de elementos físicos y otros de grandes fuerzas inerciales. Sin embargo, finalmente estos también perderán vigencia con el transcurso del tiempo, los cuales se podrán actualizar con la aplicación de la metodología aquí seguida.

Brinda además el FL una herramienta directa para la aplicación del método de comparación de mercado, al contar objetivamente con la medida de las externalidades que afectan a los valores inmobiliarios, dando soporte a la determinación del cálculo del factor de homogenización por localización o ubicación dentro de la ciudad estudiada.

Para concluir, se debe señalar que con estudios de esta naturaleza se permiten a diversos estratos de la sociedad, la toma de decisiones: como en las transacciones financieras, tanto para el propietario del inmueble que desea relocalizarse, como para las instituciones financieras, al tomar garantías inmobiliarias, al mundo de las valoraciones inmobiliarias, al brindar soporte directo el cálculo del factor de homogenización por localización, así como para la generación de políticas urbanísticas y catastrales, entre otras.

## 8. Bibliografía

**HEDONIC** modeling, housing submarkets and residential valuation. por ADAIR, A.S., Berry, J. N. y McGreal, W. S. en: Journal of Property Research, (13): 67-83, 1996.

**AGUILÓ SEGURA**, P.M. *El método de valoración de los valores hedónicos. Una aplicación al sector residencial de las Islas Baleares*. Tesis (grado de doctor), Islas Baleares, Universidad de las Islas Baleares, Facultad de Ciencias Económicas i Empresariales) 2002, 235.

**SOCIAL** and Economic Factors affecting the Location of Residential Neighborhoods, por ANDERSON T. R. en: Papers and Proceedings, Regional Science Association, (9): 161-170, 1962

**ALONSO**, William, *Location and Land Use*, Harvard University Press, Cambridge. 1964, 204.

*The EFFECT of road traffic on residential property values: a literature review and hedonic price study* por BATEMAN, I. "et ál". Report to The Scottish Office, Development Department, School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Edinburgh, 2001, 207

*An EVALUATION of Hedonic Price Indices for Thirty Four Large SMSA* por BLACKKEY, D.M. "et ál". En: AREUEA Journal (14): 179-205, 1986.

**DO** housing submarkets really matter? Por BOURASSA, S.C. "et ál". En: Journal of Housing Economics (12): 12-28, 2003.

**SPATIAL** Dependence, Housing. Por BOURASSA, Steven C. Cantoni, Eva y Hoesli, Martin. *Submarkets, and House Price Prediction*. En: The Journal of Real Estate Finance and Economics. (35-2): 143-160, 2007.

**DEFINING** housing Submarkets por BOURASSA, S.C. "et ál". En: Journal of Housing Economics (8): 160-183, 1999.



**GEOGRAPHICALLY** weighted regression: a method for exploring spatial nonstationarity por BRUNSDON, S.C. “et ál”. En: Geographical Analysis, 28(4): 281-298, 1996.

**CABRÉ PUIG**, E. *Límits al mètode de comparança: límits al mètode de comparança amb el mercat*. Tesis Doctoral, (Doctorado en gestión y valoración urbana), Barcelona, España, Universitat Politècnica de Catalunya, 2006, 221.

**CAN**, A. *Specification and Estimation of hedonic housing price model*. En: Regional Science and Urban Economics, (191): 453-478, 1992.

**DALE-Johnson**, D. *An alternative approach to housing market segmentation using hedonic pricing data*, Journal of Urban Economics, 11, pp: 311–332. 1982.

**GEOGRAPHICALLY** weighted regression por CHARLTON, Martin. “et ál”. Working Paper, ESRC National Centre for Research Methods, University of Leeds, Leeds, 2005. 31.

**CHOW**, G.C. *Tests of Equality between Sets of Coefficients in Two Linear Regressions*, En: Econometric (28): 591-605, 1960.

**CLARK**, D. *Externality Effects on Residential Property Values: The Example of Noise Disamenities*. En: Growth and Change, 37 (3): 460-488, 2006.

**WHO** was first? *An examination of an Early, Hedonic Study*. Por COLWELL, F. y DILMORE, G. En: Land Economics 75(4): 620-626, 1999.

**COURT**, A. *Hedonic Price Indexes with Automotive Examples, the Dynamics of Automobile Demand*. New York, General Motors Corporation, 1939. pp. 99-117.

**DALE-JOHNSON**, D. *An alternative approach to housing market segmentation using hedonic pricing data*. En: Journal of Urban Economics (11): 311–332, 1982.

**GEOGRAPHICALLY** Weighted Regression: *The Analysis of Spatially Varying Relationships* por FOTHERINGHAM, A. “et ál”. Vol. 12. Wiley: Chichester, 2002, 269 p. ISBN: 0-471-49616-2.

**Harvey**, David. *Social Justice and the city*. The University of Georgia, 1973, 368.

**HURD**, Richard Melancthon. *Principles of city land values. The Record and Guide*, New York, New York, USA. 1903. 159.

**FREEMAN**, A.M. *The hedonic approach to measuring demand for neighborhood characteristics, the economics of neighborhoods*. San Diego, CA, Academic Press, 1979, 20.

**GRILICHES**, Z. *Introduction: Hedonic price indexes revisited. In indexes and quality changes: Studies in New methods of measurement*. Cambridge, Harvard University Press, 1971. pp 3-15.

**HALBWACHS**, Maurice. *Les expropriations et le prix des terrains à Paris (1860-1900)*, Paris. 1909, 415.

**HASS**, G.C. *A statistical analysis of farm sales in blue earth country, Minnesota, as a basis for farm land appraisal*. Tesis de máster, Minneapolis and St Paul, MN, University of Minnesota, 1922, 355.

**HUBER**, P.J. *Robust Statistics*, USA, John Wiley and Sons, In., 1981, 302. ISBN: 0471418056.

**La FORMACIÓN** espacial de los valores comerciales, un análisis para las principales ciudades catalanas por HUMARÁN NAHED, Iván. “et ál”. En: Reunión de Estudios Regionales, Política Regional Europea y su incidencia en España (XXXIV, 2008, Baeza, Jaén). Economía, sociedad y medio ambiente, España, Asociación española de ciencia regional, 2009,19.

**ESTIMATED** hedonic wage function and value of life in a developing country por JIN-TAN, Liu. “et ál”. En: Economics Letters (57): 353-358, 1997.

**KUNZ** Bolaños, Ignacio, GONZALES Sánchez, Jorge y VALVERDE Valverde, Carmen. *El mercado inmobiliario habitacional de la ciudad de México*, Centro de Investigaciones y Estudios de Posgrado, Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México. Plaza y Valdés. 2001, 139.

**LANCASTER**, K.J. *A new approach to consumer theory*. En: Journal of Political Economics (74): 132-157, 1966.

**HEDONIC** Regression Models When Unmeasured Quality Differences are Present, por LI, Feng. “et ál”. En: Regional Science and Urban Economics. 2005.

**El USO** de sistemas de información geográfica para el análisis del mercado inmobiliario. Por LÓPEZ Levi, Liliana, en: Revista electrónica de geografía y ciencias sociales, Universidad de Barcelona. (146) 101-120, 2003.

**MACLENNAN**, D. y TU, Y. *Economic perspectives on the structure of local housing systems*, En: Housing Studies (11): 387–406, 1996.

**MANCUSO**, Franco. *Las experiencias del zoning*. Barcelona: Ediciones Gustavo Gili S.A. 1980, 388.



- MARMOLEJO DUARTE**, Carlos R. *Hacia una interpretación de la teoría de la localización de las actividades de oficina en el territorio post industrial: el caso Barcelona*. Tesis doctoral. Departamento de construcciones arquitectónicas I, Escuela técnica superior de arquitectura Universidad Politécnica de Catalunya. 2004, 982.
- MARMOLEJO DUARTE**, C. y **GONZÁLEZ TAMEZ**, C.A. *Does Noise Stationarity Matters on Spatial Formation of Real Estate Values? A GWR Analysis for Barcelona's Residential Market*. En: European Real Estate Society Conference ERES 2009, (16º, June 2009, Stockholm, Sweden). Journal of European Real Estate Research, Emerald Group Publishing Limited, 2009, 259-279.
- MARSHALL**, Alfred. *Principles of Economics*, Macmillan, London. 1890, 319.
- MCMLLEN**, D.P. *One hundred fifty years of land values in Chicago: a nonparametric Approach*, En: Journal of Urban Economics, 40(1): 100-124, 1996.
- MOVING** Window Approaches for Hedonic Price Estimation: An Empirical Comparison of Modelling Techniques por Antonio PÁEZ, A. "et ál". En: Urban Studies, 45(8): 1565-1581, 2008.
- PAPAGEORGIU**, George. J. *Mathematical land use theory*, Lexington Books, Lexington. ISBN 0669001643, 1976, 307.
- POLINSKY**, A. M. y Shavell, S. *Amenities end property values in a General Equilibrium Model of our urban areas*, Working Paper, Urban Institute, Washington, D. C. (57): 100-105, 1975.
- PRYCE**, G. *The Nature of Housing Submarkets*, 15th European Real Estate Conference, Kraków, Poland, (15): 18-21, June, 2008.
- RICARDO**, David. *On the Principles of Political Economy and Taxation*, Library of Economics and Liberty, 1817, 544.
- RICHARDSON**, H. W. *Urban econometrics*, Penguin, Harmondsworth, 1971. 286.
- RIDKER**, R. y **HENNING**, A. *The determinants housing prices and the demand for clean air*. En: Journal Environmental Economy Management (5): 81-102, 1967.
- ROBACK**, Jennifer. *Wages, rents, and the quality of life*. En: The journal of political economy, 90(62): 1257-78, 1982.
- ROCA CLADERA**, J. *La estructura de valores urbanos: un análisis teórico-empírico*. Madrid, Instituto de Estudios de Administración Local, 1988, 251. ISBN: 84-7088-463-8.
- ROCA CLADERA**, J. *Valor de reposición versus valor de mercado: Análisis del concepto Coeficiente de mercado*. En: Revista Catastro (13): 9-16, 1992.
- ROSEN**, S. *Hedonic prices and implicit markets: production differentiation in pure competition*. En: Journal of Political Economy (82): 34-55, 1974.
- The COMPOSITION of hedonic pricing models*. por SIRMANS, G.S. "et ál". En: Journal of real estate literature, 13(1): 3-43, 2005.
- TAYLOR**, Laura O. *The Hedonic Method*. En: P. Champ., K. Boyle y T. Brown A primer on non-market valuation. London, Kluwer Academic Publishing, 2003, pp: 331-333
- THIBODEAU**, T.G. *Housing Price Indexes from the 1974-1983*. SMSA Annual Housing Surveys, AREUEA Journal (17): 100-117, 1989.
- TIAO**, G.C. y **GOLDBERGER**, A. *Testing Equality of Individual Regression Coefficients*. WEBH Paper 6201, University of Wisconsin-Madison, Social Services Research Institute, 1962.
- VON**, Thünen Johann Heinrich. *Der isolierte Staat in Beziehung auf Landwirtschaft und Nationalökonomie*, Hamburg, 1826, 671.
- VALORACIÓN Económica del Medio Ambiente** por VÁSQUEZ, F. "et ál" en Fundamentos Económicos, econométricos y aplicaciones, 1ª ed., Thompson, 2006, 25-27.
- WALLACE**, H. *Comparative Farmland Values In Iowa*. En: Journal of Land and Public Utility Economics (2): 385-392. 1926.
- WALLACE**, Nancy E. *Hedonic based price indexes for housing: Theory, estimation and index construction*. En: Economic Review - Federal Reserve Bank of San Francisco, (3): 34-48, 1996.
- WAUGH**, F. V. *Quality Factors Influencing Vegetables Prices*. En: Journal of Farm Economics, 10(2): 185-196, 1928.
- YAMADA**, Hiroyuki. *On the theory of residential location: Accessibility, apace, leisure and environmental quality*, Papers of Regional Science Association, 29(1): 125-135, 1972.